

PENGEMBANGAN SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI AIR BERSIH DI KECAMATAN PONTIANAK UTARA

Berlin Cristian¹, Kartini², Danang Gunarto²

¹Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak

²Dosen Teknik Sipil Universitas Tanjungpura Pontianak

Email : berlincristian24@gmail.com

ABSTRAK

Pengembangan wilayah di Pontianak Utara merupakan rencana untuk meratakan wilayah yang tertinggal di Kota Pontianak. Pendistribusian penduduk menyebabkan pembangunan hunian menjadi berkembang di Zona M yang mengakibatkan kebutuhan air bersih menjadi meningkat, sehingga menjadi faktor kekurangan kebutuhan air bersih. Hal ini ditandai dengan pendistribusian air belum merata pada kondisi eksisting. Tujuan penelitian ini melakukan analisis kebutuhan air bersih, analisis kondisi eksisting dan merencanakan pengembangan jaringan distribusi. Berdasarkan hasil perhitungan untuk kebutuhan air bersih pada jam puncak di Zona M tahun 2020 sebesar 91,17 liter/detik dan tahun 2040 sebesar 125,05 liter/detik. Hasil analisis kondisi eksisting hidrolika perpipaan menunjukkan indikator tidak memenuhi persyaratan, terutama nilai *pressure* beberapa *nodes* masih < 10 m. Faktor penyebabnya adalah kehilangan air, kehilangan tekanan (*unit headloss*), umur pipa, jaringan distribusi yang rusak dan jalur pipa yang sudah berlumpur. Analisis dibantu dengan Program Epanet 2.2., dalam perbaikan kondisi eksisting dilakukan dengan cara menambahkan pipa Ø200 mm jenis pipa HDPE secara paralel. Analisis pengembangan dilakukan 3 skenario yang berbeda, didapatkan skenario kedua merupakan pilihan terbaik karena kondisi jaringan tidak diubah melainkan menambahkan pipa secara paralel Ø200 mm jenis pipa HDPE dan menambah 1 pompa, menghasilkan nilai indikator yang memenuhi persyaratan sebesar, *pressure* 100%, *velocity* 57,46% dan *unit headloss* 97,76%.

Kata kunci: Epanet 2.2., hidrolika, kondisi eksisting, skenario, Zona M.

ABSTRACT

Regional development in North Pontianak is a plan to level the lagging areas in Pontianak City. The distribution of the population causes residential development to develop in Zone M which results in the need for clean water to increase, thus becoming a factor in the shortage of clean water needs. This is indicated by the uneven distribution of water in the existing conditions. The purpose of this study is to analyze the need for clean water, analyze existing conditions and plan the development of distribution networks. Based on the calculation results for the need for clean water at peak hours in Zone M in 2020 it is 91.17 liters/second and in 2040 it is 125.05 liters/second. The results of the analysis of the existing condition of the hydraulics of the piping show that the indicators do not meet the requirements, especially since the pressure value of some nodes is still < 10 m. The contributing factors are water loss, pressure loss (unit headloss), pipe age, damaged distribution network and muddy pipelines. The analysis is assisted by the Epanet 2.2 program. In improving the existing condition, it is done by adding 200 mm HDPE pipe in parallel. The development analysis was carried out in 3 different scenarios, the second scenario was found to be the best choice because the network conditions were not changed but instead added a parallel pipe 200 mm HDPE pipe type and added 1 pump, resulting in an indicator value that met the requirements of, pressure 100%, velocity 57.46 % and unit headloss 97.76%.

Keywords: Epanet 2.2., hydraulics, existing condition, scenario, Zone M.

I. PENDAHULUAN

Kecamatan Pontianak Utara merupakan salah satu kecamatan yang terletak di Kota Pontianak, Provinsi Kalimantan Barat. Pertumbuhan penduduk di Kota Pontianak yang tidak merata mengakibatkan Pemerintah Kota Pontianak ingin meratakan sebaran penduduk, dengan membina warga yang kepadatan penduduk yang tinggi seperti, Kecamatan Pontianak Barat, Kecamatan Pontianak Kota, Kecamatan

Pontianak Tenggara dan Kecamatan Pontianak Selatan ke kawasan permukiman yang mempunyai kepadatan penduduk rendah seperti, Kecamatan Pontianak Utara dan Kecamatan Pontianak Timur dengan cara pengembangan wilayah. Winayati, (2016) menyebutkan bahwa pemenuhan kebutuhan perumahan yang layak dan didukung dengan ketersediaan air minum dan sanitasi sebagai hak dasar rakyat. BAPPENAS, (2019) menyebutkan bahwa akses sanitasi dan air minum yang layak merupakan

hak asasi setiap warga negara karena sangat berpengaruh terhadap tingkat kesehatan masyarakat dan kualitas sumber daya manusia, sejalan dengan tujuan ke-6 dalam Tujuan Pembangunan Berkelanjutan/*Sustainable Development Goals* (TPB/SDGs). Salah satu isi dari tujuan tersebut yaitu, untuk memastikan pelanggan mencapai akses universal air bersih dan sanitasi.

Pelayanan Perumda Tirta Khatulistiwa wilayah Kecamatan Pontianak Utara dibagi menjadi 2 (dua) zona, yaitu:

1. Zona L, melayani Kelurahan Siantan Tengah, Kelurahan Siantan Hulu dan Kelurahan Siantan Hilir L.
2. Zona M, melayani Kelurahan Siantan Hilir M dan Kelurahan Batu Layang.

Kondisi eksisting di Zona M masih mengalami pendistribusian air yang belum merata ditandai dengan pressure di sambungan rumah masih rendah atau sebesar < 10 m. Faktor penyebabnya adalah kehilangan air, kehilangan tekanan (unit headloss), umur pipa, jaringan distribusi yang rusak dan jalur pipa yang sudah berlumpur.

Tujuan dan rumusan penelitian ini adalah untuk menganalisis kebutuhan air dalam kondisi eksisting dan 20 tahun mendatang, kondisi eksisting jaringan distribusi air bersih serta, rencana pengembangan jaringan distribusi air bersih dengan 3 (tiga) skenario berbeda.

Dengan batasan masalah adalah, mengembangkan kebutuhan air bersih di kawasan Zona M, menganalisis jaringan distribusi pada pipa primer untuk 20 tahun mendatang, menganalisis jaringan distribusi air bersih dengan menggunakan bantuan program Epanet 2.2.,

menganalisis jaringan distribusi air bersih menggunakan 3 skenario, instalasi pengolahan dan sumber air baku dianggap mencukupi seluruh kebutuhan pelanggan sampai tahun 2040 sehingga pada perencanaan ini instalasi pengolahan dan debit air baku tidak diperhitungkan serta, tidak memperhitungkan Rencana Anggaran Biaya (RAB).

II. METODELOGI DAN PUSTAKA

Lokasi Penelitian

Penelitian ini berada di kawasan Zona M yang meliputi Kelurahan Siantan Hilir M dan Kelurahan Batu Layang Kecamatan Pontianak Utara yang dapat dilihat pada Gambar 1.

Sumber Data

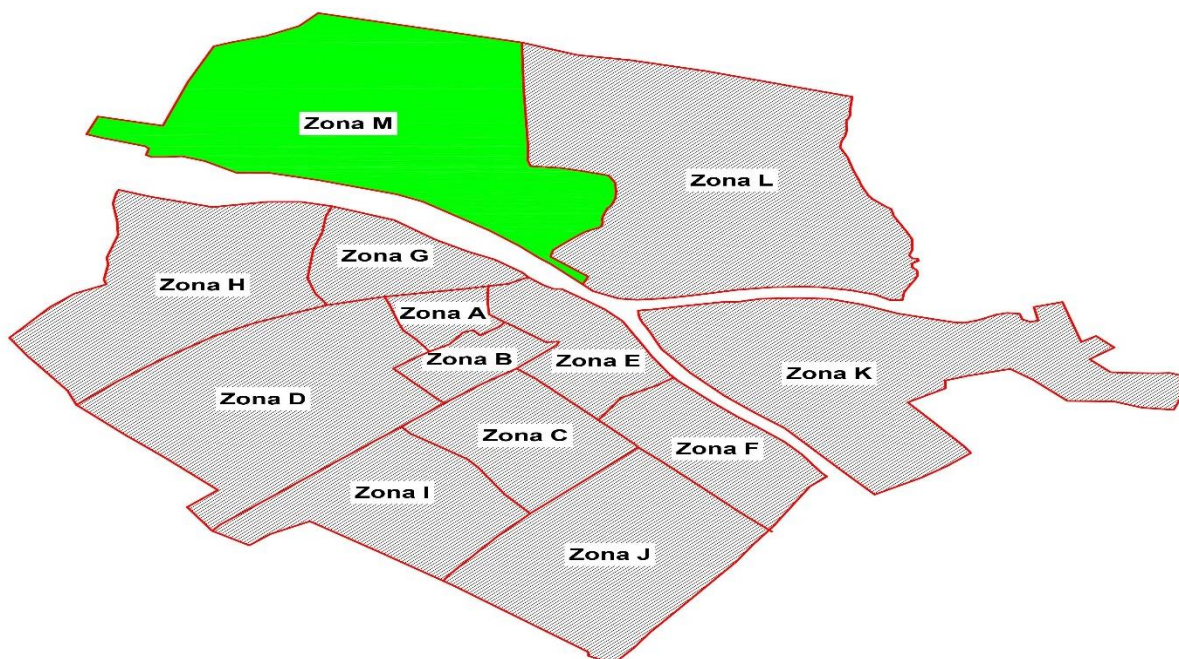
Peneliti menggunakan 2 (dua) jenis pengumpulan data, yaitu:

- 1) Data primer berisikan data kondisi eksisting di lapangan.
- 2) Data sekunder berisikan peta jaringan eksisting, data statistik Kecamatan Pontianak Utara, data Perumda Tirta Khatulistiwa.

Persyaratan dalam Penyediaan Air Bersih

BPPSPAM, (2017) menyebutkan bahwa unit distribusi bertujuan untuk mengalirkan air hasil pengolahan ke seluruh jaringan distribusi sampai ke unit pelayanan yang memenuhi syarat sebagai berikut:

- 1) Persyaratan kuantitas, syarat kuantitas harus ditinjau dari kecukupan sumber air baku yang



Gambar 1. Peta zona pelayanan di Kota Pontianak (Perumda Tirta Khatulistiwa, 2020)

tersedia dan harus mampu memenuhi kebutuhan penduduk dalam jangka waktu yang sudah ditentukan

- 2) Persyaratan kualitas, merupakan faktor indikator sumber air yang melayani untuk kebutuhan air bersih lulus secara, persyaratan fisik, persyaratan kimia dan persyaratan radiologis.
- 3) Persyaratan kontinuitas, merupakan sumber air baku yang digunakan harus memenuhi dalam waktu 24 jam.

Proyeksi Penduduk

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007, menyebutkan bahwa ada 3 (tiga) metode untuk menghitung proyeksi penduduk, yaitu:

- 1) Metode Aritmatik, metode ini mengasumsikan bahwa jumlah penduduk pada masa depan akan bertambah dengan jumlah yang sama setiap tahun dapat dihitung dalam persamaan 1.

$$P_n = P_0 + K_a(T_n - T_0) \quad (1)$$

$$K_a = \left(\frac{P_2 - P_1}{T_2 - T_1} \right) \quad (2)$$

Dimana:

- P_n = jumlah penduduk tahun ke-n (jiwa)
 P_0 = jumlah penduduk tahun dasar (jiwa)
 T_n = tahun ke-n
 T_0 = tahun dasar
 K_a = konstanta aritmatik
 P_1 = jumlah penduduk tahun pertama
 P_2 = jumlah penduduk tahun terakhir
 T_1 = tahun ke I
 T_2 = tahun ke II

- 2) Metode Geometrik

Adioetomo & Samosir, (2010) menyebutkan bahwa metode ini menggunakan asumsi bahwa jumlah penduduk akan bertambah secara geometrik menggunakan dasar perhitungan bunga majemuk dapat dihitung dalam persamaan 3.

$$P_n = P_0(1 + r)^n \quad (3)$$

Dimana:

- P_n = jumlah penduduk tahun ke-n (jiwa)
 P_0 = jumlah penduduk tahun awal (jiwa)
 r = laju pertumbuhan penduduk (%)
 n = periode waktu antara tahun awal dan tahun selanjutnya (tahun)

- 3) Metode *Least Square*

Adioetomo & Samosir, (2010) menyebutkan bahwa metode ini menggambarkan pertambahan penduduk yang ditentukan dengan metode jumlah kuadrat terkecil dapat dihitung dalam persamaan 4.

$$Y = a + b.X \quad (4)$$

$$a = \frac{\sum Y \sum X^2 - \sum X \sum XY}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (5)$$

$$b = \frac{n \sum X.Y - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (6)$$

Dimana:

Y = nilai variabel perkiraan jumlah penduduk (jiwa)

$a = b =$ konstanta

X = selisih tahun perkiraan dengan tahun dasar perhitungan

Dari ketiga metode yang akan digunakan harus menghasilkan koefisien paling terkecil. Rumus yang digunakan untuk perhitungan standar deviasi dapat dihitung dalam persamaan 7.

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (7)$$

Dimana:

s = standar deviasi

\bar{X} = rata-rata jumlah penduduk (jiwa)

X_i = variabel jumlah penduduk (jiwa)

Proyeksi Penduduk

Lestari, (2016) menyebutkan bahwa proyeksi fasilitas dapat digunakan pendekatan perbandingan jumlah penduduk dan fasilitas dapat dihitung dalam persamaan 8.

$$\frac{\text{penduduk tahun ke-n}}{\text{penduduk tahun awal}} = \frac{\text{fasilitas tahun ke-n}}{\text{fasilitas tahun awal}} \quad (8)$$

Kebutuhan Air Bersih

Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi, (2017) menyebutkan bahwa kebutuhan air bersih adalah kebutuhan yang berasal dari air baku kemudian telah diolah dengan menggunakan instalasi pengolah air untuk memenuhi kebutuhan domestik dan kebutuhan non domestik. Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air bersih yang digunakan untuk keperluan sehari-hari, sedangkan kebutuhan non domestik meliputi kebutuhan di sarana perkotaan (*public use*).

Mangkoediharjo, (1985) menyebutkan bahwa perhitungan fluktuasi kebutuhan air didasarkan pada kebutuhan air harian maksimum dan kebutuhan air jam maksimum dengan menggunakan acuan kebutuhan air rata-rata.

- 1) Kebutuhan air rata-rata merupakan total dari kebutuhan air domestik, kebutuhan air non domestik, serta nilai kehilangan air dapat dihitung dalam persamaan 9.

$$Q_{rh} = Q_{domestik} + Q_{nondomestik} + Q_{kehilangan\ air} \quad (9)$$

- 2) Kebutuhan air hari maksimum (Q_{hm}) merupakan fluktuasi yang dapat terjadi dari hari ke hari yang beragam namun terdapat satu hari dimana pengguna pelanggan air lebih besar dibanding hari lainnya dalam satu tahun dapat dihitung dalam persamaan 10 (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007).

$$Q_{hm} = F_{hm} \cdot Q_{rh} \quad (10)$$

Dimana :

Q_{hm} = kebutuhan air hari maksimum
 F_{hm} = faktor harian maksimum (1,10-1,30)
 Q_{rh} = kebutuhan air rata-rata

- 3) Kebutuhan air jam puncak merupakan penggunaan air tertinggi pada jam tertentu selama periode satu hari, besarnya 1,15-3,0 kali kebutuhan harian rata-rata dapat dihitung dalam persamaan 11 (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007).

$$Q_{peak} = F_{jp} \cdot Q_{rh} \quad (11)$$

Dimana :

Q_{peak} = kebutuhan air jam puncak
 F_{jp} = faktor kebutuhan air jam puncak (1,15-3,0)
 Q_{rh} = kebutuhan air rata-rata

- 4) Kehilangan air merupakan perbedaan antara *input* debit sistem dan konsumsi resmi yang digunakan oleh pelanggan. Berdasarkan Perumda Tirta Khatulistiwa, (2020) menyatakan bahwa nilai kehilangan air berkisar antara 25%-30%.

Pipa Distribusi

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007, *pressure* minimum pada titik jangkauan pelayanan terjauh sebesar 10 m, *velocity* 0,3-3,0 m/detik dan *unit headloss* maksimal 5 m/km.

Kehilangan Energi

Kehilangan tekanan (*unit headloss*) yang dihasilkan oleh adanya tinggi kehilangan energi dapat dikelompokkan menjadi kehilangan energi utama (*major losses*) akibat gesekan dengan dinding pipa dan *minor losses* yang berasal dari akibat perubahan luas penampang, sambungan, belokan pipa dan lainnya.

Tabel 1. Koefisien Kekasaran Pipa Hazen Williams (Sumber: SNI 7509, 2011)

Jenis Pipa	Nilai C
<i>Asbes cement</i> (ACP)	120
PVC	120
HDPE	130
<i>Ductile</i> (DCIP)	110
Besi tuang (CIP)	110
GIP	110
Baja	110
<i>Pre-stress Concrete</i> (PSC)	120

Unit headloss dihitung menggunakan persamaan Hazen-Williams yang dapat dihitung dalam persamaan 12.

$$hf = \frac{10,666Q^{1,85}}{C^{1,85}d^{4,85}}L \quad (12)$$

Dimana :

h_f = *unit headloss* (m)
 Q = lajur aliran dalam pipa (m^3 /detik)
 L = panjang pipa (m)
 C = koefisien kekasaran pipa Hazen-Williams
 d = diameter pipa (m)

Jenis Pipa

Berdasarkan PAMSIMAS, (2019) ada beberapa material yang dapat digunakan sebagai bahan pipa seperti, Pipa PVC, Pipa Besi GI (*galvanized iron*), Pipa PE (HDPE/*High Density Polyethylene*).

Pompa

Debit pompa besar ditentukan sebesar 50% dari debit jam puncak, sedangkan untuk pompa kecil sebesar 25% dari debit jam puncak (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007). Penentuan lokasi stasiun pompa penguat harus memenuhi beberapa ketentuan teknis, sebagai berikut:

- 1) Elevasi muka tanah *booster pump* harus termasuk dalam desain hidrolis sistem distribusi.
- 2) Posisi letak harus di atas muka banjir dengan periode ulang 50 tahun. Apabila tidak terdapat data, maka diletakkan pada elevasi paling tinggi dari histori waktu banjir, serta mudah dijangkau untuk pengoperasian oleh masyarakat sekitar.

Analisis Jaringan Air Bersih menggunakan Epanet 2.2.

Roosman, (2000) menuliskan program Epanet 2.2 adalah program komputer berbasis *Windows* yang dapat menganalisis simulasi hidrolis dan kualitas air yang mengalir di dalam jaringan pipa. Jaringan pipa terdiri dari beberapa komponen yaitu; pipa, *node* (titik koneksi pipa), pompa, katub dan tangki air atau *reservoir*. *Input* data yang dibutuhkan antara lain:

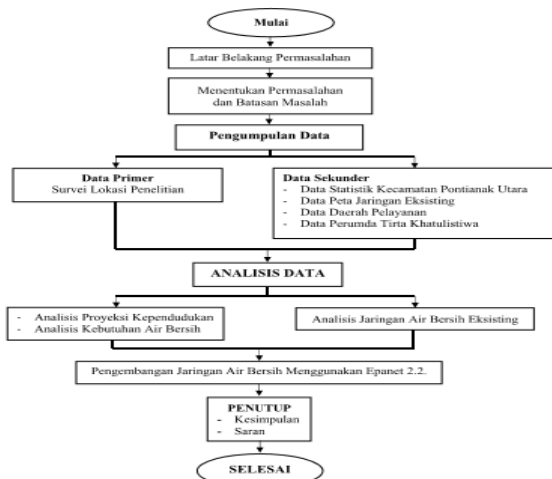
- 1) Peta jaringan
- 2) *Node*/titik dari komponen distribusi
- 3) Elevasi muka tanah
- 4) Panjang pipa
- 5) Diameter pipa
- 6) Jenis pipa
- 7) Jenis sumber (mata air, sumur bor, SPAM, dll)
- 8) Spesifikasi pompa (bila menggunakan pompa)
- 9) Faktor fluktuasi penggunaan air.

Hasil *output* yang dihasilkan diantaranya adalah:

- 1) Hidrolik *head*, *pressure* dan *demand* dari setiap *nodes*.
- 2) *Velocity* dan *unit headloss* dari setiap *links*.

Diagram Alir Penelitian

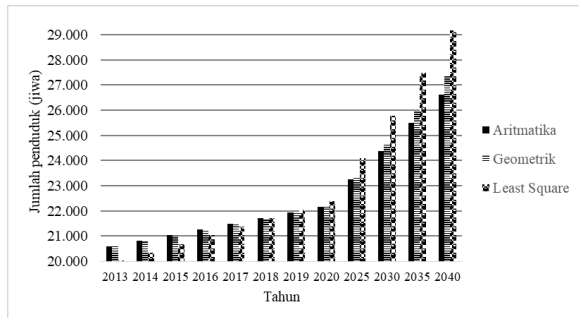
Diagram alir penelitian untuk memaparkan isi keseluruhan penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian (Peneliti, 2021)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN Proyeksi Jumlah Penduduk di Zona M

Contoh perhitungan proyeksi penduduk digunakan pada Kelurahan Batu Layang yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik rekapitulasi perhitungan jumlah penduduk Metode Aritmatik, Metode Geometrik dan Metode *Least Square* (Hasil Analisis, 2021)

Standar Deviasi

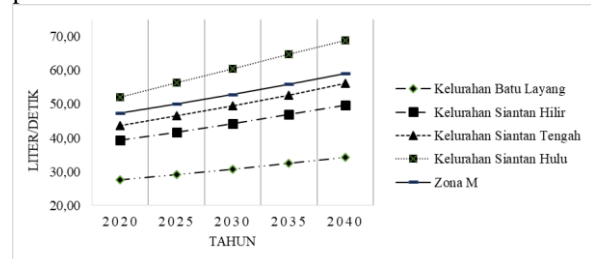
Contoh perhitungan standar deviasi digunakan pada Kelurahan Batu Layang.

$$\begin{aligned}
 SD_{\text{geometrik}} &= \sqrt{\frac{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}{n}} \\
 &= \sqrt{\frac{(1404941,01)}{7}} \\
 &= \sqrt{248271,82} \\
 &= 448,002 \\
 \text{Korelasi}_{\text{Geometrik}} &= \frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}} \\
 &= \frac{2132537}{\sqrt{6743136 \times 1737902}} \\
 &= \frac{2132537}{\sqrt{11718914346073}} \\
 &= \frac{2132537}{3423290} \\
 &= 0,628 \approx 0,623
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan proyeksi penduduk didapatkan metode yang memiliki koefisien korelasi mendekati 1 (satu) adalah Metode Geometrik sebesar 0,623.

Analisis Kebutuhan Air Domestik

Hasil analisis kebutuhan air domestik dapat dilihat pada Gambar 2.

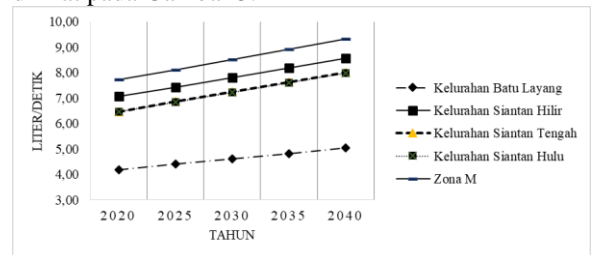


Gambar 2. Grafik total kebutuhan air domestik (Hasil Analisis, 2021)

Dari Gambar 2. menunjukkan bahwa hasil kebutuhan air domestik di Zona M tahun 2020 sebesar 47,39 liter/detik dan tahun 2040 sebesar 59,09 liter/detik.

Analisis Kebutuhan Air Non Domestik

Hasil analisis kebutuhan air non domestik dapat dilihat pada Gambar 3.

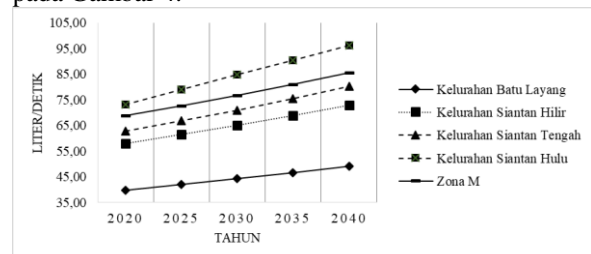


Gambar 3. Grafik total kebutuhan air non domestik (Hasil Analisis, 2021)

Dari Gambar 3. menunjukkan bahwa hasil kebutuhan air non domestik di Zona M tahun 2020 sebesar 7,72 liter/detik dan tahun 2040 sebesar 9,32 liter/detik.

Analisis Kebutuhan Air Rata-rata

Hasil analisis kebutuhan air rata-rata dapat dilihat pada Gambar 4.

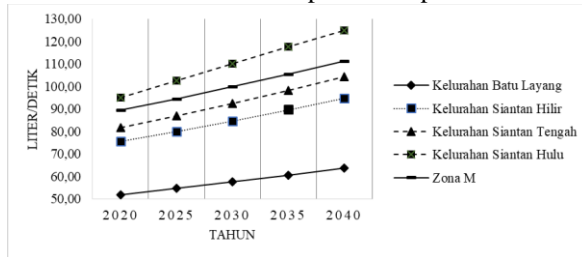


Gambar 4. Grafik total kebutuhan air rata-rata (Hasil Analisis, 2021)

Dari Gambar 4. menunjukkan bahwa hasil kebutuhan air rata-rata di Zona M tahun 2020 sebesar 68,89 liter/detik dan tahun 2040 sebesar 8,51 liter/detik.

Analisis Kebutuhan Air Maksimum

Faktor air maksimum sebesar 1,3. Hasil analisis kebutuhan air maksimum dapat dilihat pada Gambar 5.

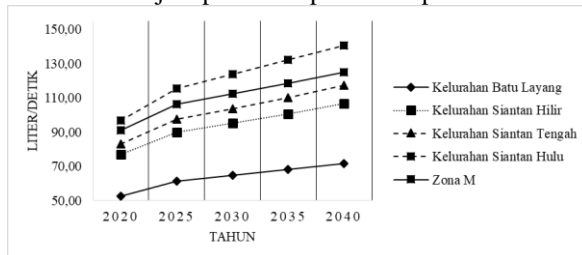


Gambar 5. Grafik total kebutuhan air maksimum (Hasil Analisis, 2021)

Dari Gambar 5. menunjukkan bahwa hasil kebutuhan air maksimum di Zona M tahun 2020 sebesar 89,55 liter/detik dan tahun 2040 sebesar 111,17 liter/detik.

Analisis Kebutuhan Air Jam Puncak

Faktor jam puncak untuk tahun 2020 sebesar 1,324 dan tahun berikutnya sebesar 1,464. Hasil analisis kebutuhan air jam puncak dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 6. Grafik total kebutuhan air jam puncak (Hasil Analisis, 2021)

Dari Gambar 6. menunjukkan bahwa hasil kebutuhan air jam puncak di Zona M tahun 2020 sebesar 91,17 liter/detik dan tahun 2040 sebesar 125,05 liter/detik.

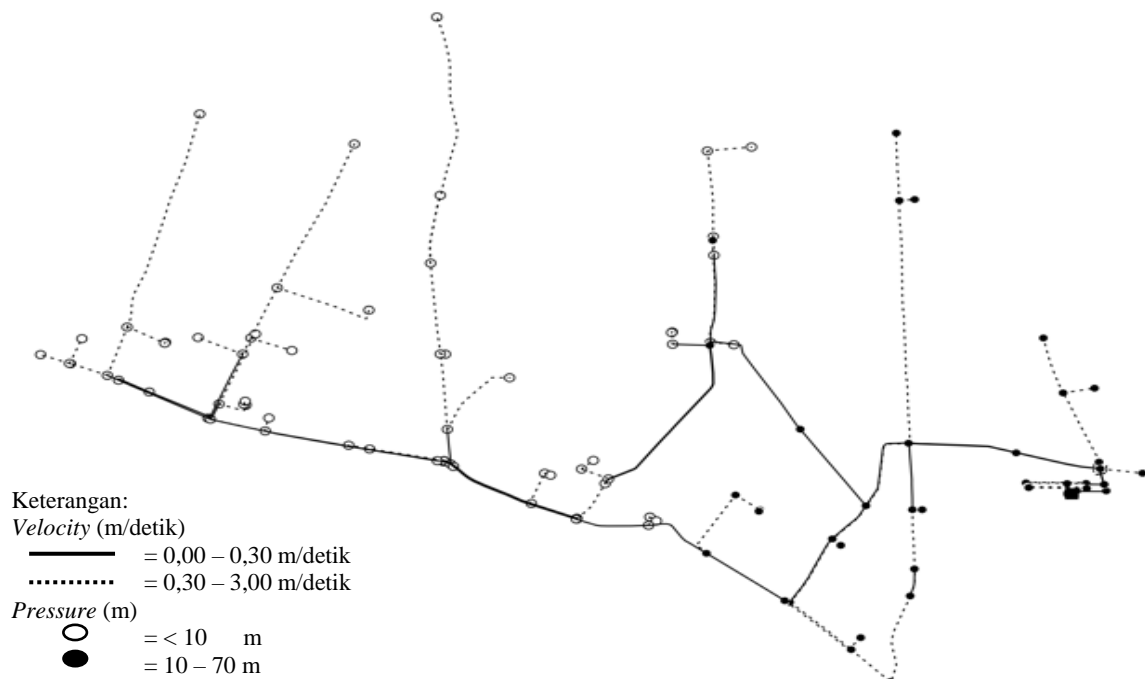
Analisis Sistem Jaringan Distribusi Kondisi Eksisting

Dari gambar 7. menunjukkan bahwa *nodes* yang bersimbol ○ menghasilkan nilai *pressure* tidak memenuhi persyaratan, sedangkan yang bersimbol ● menghasilkan nilai *pressure* memenuhi persyaratan (10-70 m). Untuk *links* yang bergaris putus-putus menghasilkan nilai *velocity* tidak memenuhi persyaratan, sedangkan *links* yang bergaris tebal menghasilkan nilai *velocity* yang memenuhi persyaratan (0,3-3,00 m/detik).

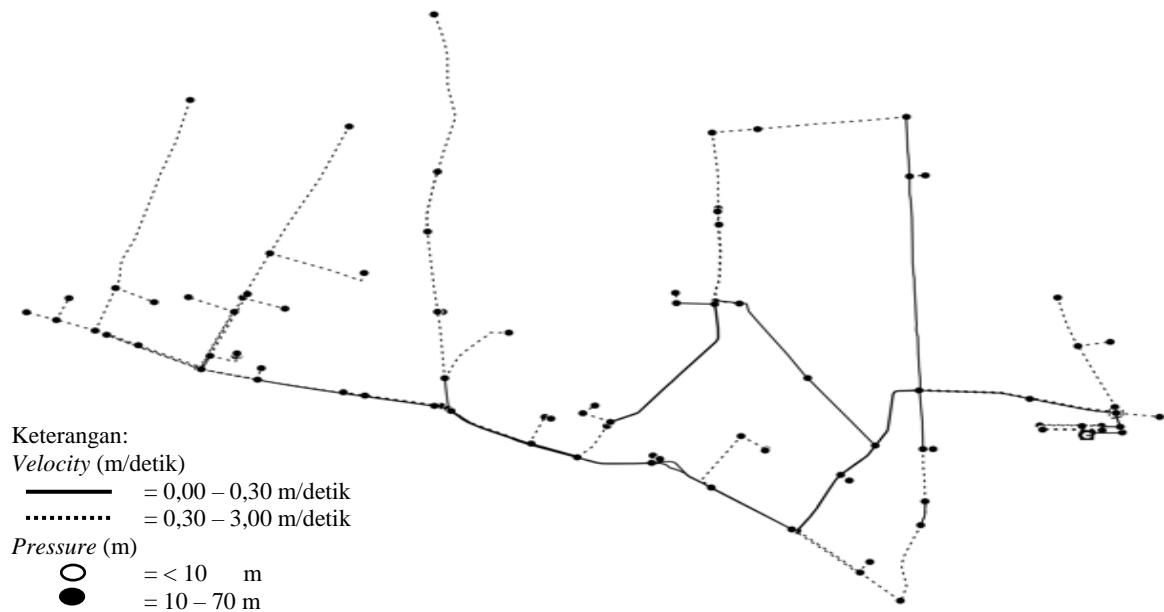
Analisis Perbaikan Sistem Jaringan Distribusi Kondisi Eksisting

Hasil jaringan kondisi eksisting banyak indikator yang belum memenuhi persyaratan maka dilakukan perbaikan jaringan yang dapat dilihat pada Gambar 8.

● Dari gambar 8. menunjukkan bahwa *nodes* yang bersimbol ○ menghasilkan nilai *pressure* tidak memenuhi persyaratan, sedangkan yang bersimbol ● menghasilkan nilai *pressure* memenuhi persyaratan (10-70 m). Untuk *links* yang bergaris putus-putus menghasilkan nilai *velocity* tidak memenuhi persyaratan, sedangkan *links* yang bergaris tebal menghasilkan nilai *velocity* yang memenuhi persyaratan (0,3-3,00 m/detik).



Gambar 7. Hasil *nodes* (*pressure*) dan *links* (*velocity*) analisis jaringan eksisting (Hasil Analisis, 2021)



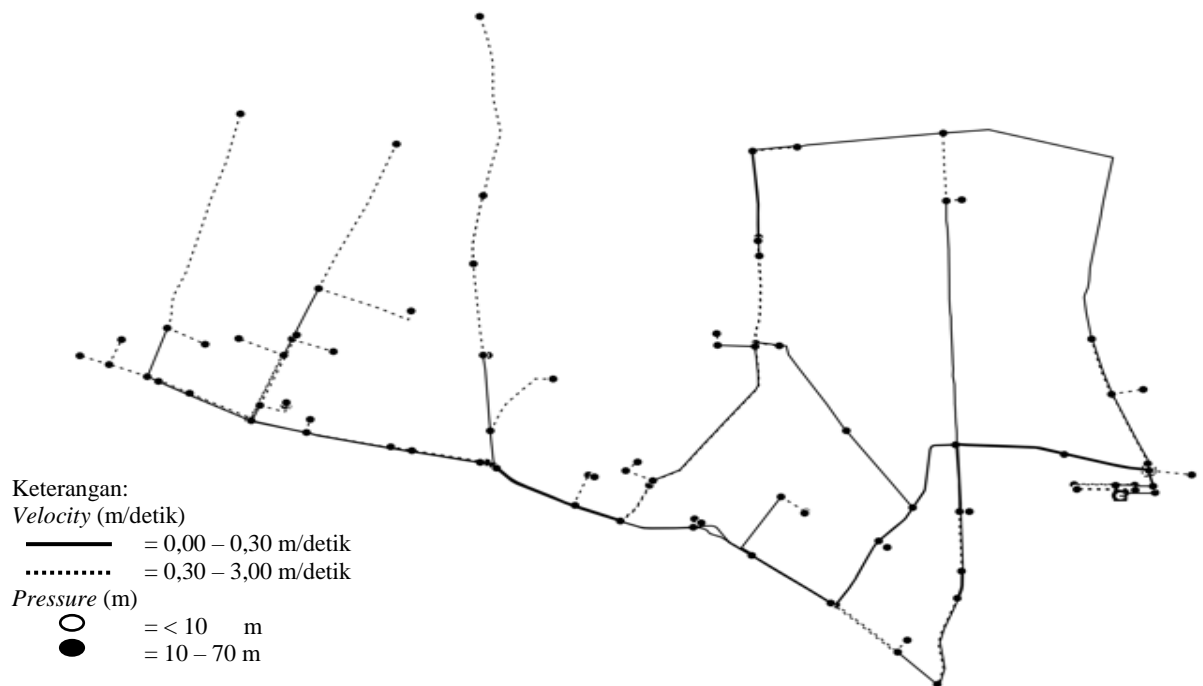
Gambar 8. Hasil *nodes* (*pressure*) dan *links* (*velocity*) analisis perbaikan jaringan eksisting (Hasil Analisis, 2021)

Perbandingan Skenario Rencana Pengembangan Sistem Jaringan Air Bersih

Skenario pertama, dibuat dengan menambahkan hasil perhitungan proyeksi jumlah kebutuhan air tahun 2040 pada setiap node tanpa adanya memodifikasi jaringan distribusi eksisting. Skenario kedua, jaringan akan dimodifikasi agar mendapatkan hasil yang sesuai dengan persyaratan yang ada. Skenario ketiga, jaringan

tidak dimodifikasi melainkan hanya menambahkan pompa pada wilayah yang memiliki *pressure* rendah.

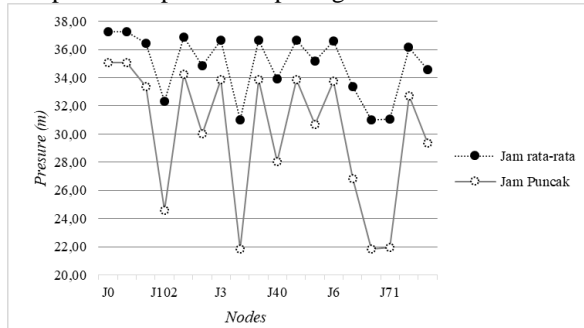
Dari Gambar 9. menunjukkan bahwa *nodes* yang bersimbol ○ menghasilkan nilai *pressure* tidak memenuhi persyaratan, sedangkan yang bersimbol ● menghasilkan nilai *pressure* memenuhi persyaratan (10-70 m). Untuk *links* yang bergaris putus-putus menghasilkan nilai *velocity* tidak



Gambar 9. Hasil *nodes* (*pressure*) dan *links* (*velocity*) analisis pengembangan jaringan skenario kedua (Hasil Analisis, 2021)

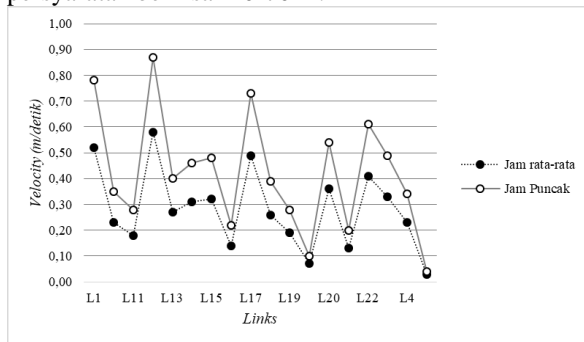
memenuhi persyaratan, sedangkan *links* yang bergaris tebal menghasilkan nilai *velocity* yang memenuhi persyaratan (0,3-3,00 m/detik).

Hasil *running out* perbandingan antara jam rata-rata dan puncak dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



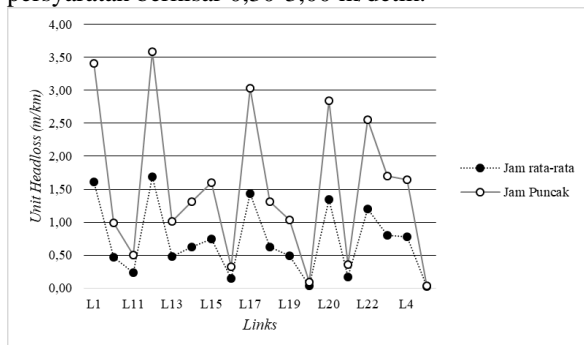
Gambar 10. Grafik perbandingan *pressure* kebutuhan air jam rata-rata dan jam puncak skenario kedua (Hasil Analisis, 2021)

Dari perbedaan antara analisis kebutuhan jam rata-rata dan jam puncak untuk *pressure* memiliki hasil yang berbanding lurus, nilai *pressure* yang memenuhi persyaratan berkisar 10-70 m.



Gambar 11. Grafik perbandingan *velocity* kebutuhan air jam rata-rata dan jam puncak skenario kedua (Hasil Analisis, 2021)

Dari perbedaan antara analisis kebutuhan jam rata-rata dan jam puncak untuk *velocity* memiliki hasil yang berbanding lurus, nilai *velocity* yang memenuhi persyaratan berkisar 0,30-3,00 m/detik.



Gambar 12. Grafik perbandingan *unit headloss* kebutuhan air jam rata-rata dan jam puncak skenario kedua (Hasil Analisis, 2021)

Dari perbedaan antara analisis kebutuhan jam rata-rata dan jam puncak untuk *unit headloss* memiliki hasil

yang berbanding lurus, nilai *unit headloss* yang memenuhi persyaratan berada < 5 m/km.

Tabel 4. Hasil perbandingan skenario (Hasil Analisis, 2021)

Indikator	Nama Skenario		
	Skenario I	Skenario II	Skenario III
<i>Pressure</i>	38,66%	100%	100%
	memenuhi persyaratan	memenuhi persyaratan	memenuhi persyaratan
<i>Velocity</i>	52,68%	57,46%	41,07%
	memenuhi persyaratan	memenuhi persyaratan	memenuhi persyaratan
<i>Unit Headloss</i>	75,89%	97,76%	91,96%
	memenuhi persyaratan	memenuhi persyaratan	memenuhi persyaratan
Kelemahan	Semua indikator rata-rata tidak memenuhi persyaratan	Terlalu banyak menambah pipa yang sudah ada	Harus menambah area untuk membangun <i>booster</i>
	Dapat digunakan apabila menganalisis dalam kondisi rata-rata	Debit yang mengalir lebih merata dan menjadi <i>pressure</i> tinggi dan tidak merata	<i>Pressure</i> menjadi sangat tinggi dan tidak merata

Tabel 4. menunjukkan dari 3 (tiga) skenario yang ada dapat disimpulkan bahwa skenario kedua merupakan skenario yang terbaik, karena memenuhi persyaratan dengan menambahkan pipa secara paralel dan menambahkan pompa. Penambahan pipa merupakan pilihan yang terbaik untuk jangka panjang, apabila pipa yang semakin banyak maka pembagian debit semakin merata dan menekan rendahnya tingkat *unit headloss* yang dihasilkan oleh pipa.

Perbandingan *Unit Headloss* ($H_{f_{teoritis}}$) dengan *Unit Headloss* Epanet ($H_{f_{epanet}}$)

Contoh perhitungan *unit headloss* menggunakan Pipa P1 dengan rumus dibawah ini.

$$\begin{aligned}
 hf &= \frac{10,666Q^{1,85}}{C^{1,85}d^{4,85}}L \\
 &= \frac{10,666.0,125^{1,85}}{110^{1,85}0,40^{4,85}} \cdot 209,38 \\
 &= 0,68 \text{ m} \\
 &= \frac{0,68}{0,20938} \\
 &= 3,24 \text{ m/km}
 \end{aligned}$$

Menghitung persentase *error* menggunakan dengan rumus dibawah ini.

$$\begin{aligned}
 Error &= \frac{hf_{teoritis} - hf_{epanet}}{hf_{teoritis}} \times 100\% \\
 &= \frac{3,24 - 3,26}{3,24} \times 100\% \\
 &= 0,50 \%
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan persentase *error* didapatkan sebesar 0,50 % yang menandakan hasil analisis mendekati dengan kondisi eksisting.

IV. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan perhitungan yang telah dilakukan didapatkan hasil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Kebutuhan air bersih pada jam rata-rata di Zona M Perumda Tirta Khatulistiwa dalam kondisi eksisting tahun 2020 sebesar 68,89 liter/detik dan tahun 2040 sebesar 85,51 liter/detik, sedangkan pada jam puncak tahun 2020 sebesar 91,17 liter/detik dan tahun 2040 sebesar 125,05 liter/detik,
- 2) Daerah eksisting pelayanan jaringan distribusi air bersih di Zona M Perumda Tirta Khatulistiwa tahun 2020 masih mengalami kesulitan pendistribusian air secara merata, khususnya daerah Kelurahan Batu Layang, dikarenakan *pressure* yang dihasilkan masih ada yang dibawah 10 m. Kondisi jaringan setelah dilakukan perbaikan mengalami peningkatan terutama untuk indikator *pressure* dan *unit headloss*, namun *velocity* masih ada yang memiliki nilai dibawah 0,3 m/detik yang disebabkan oleh debit yang melalui pipa terlalu kecil. Kondisi tersebut sudah mengidentifikasi bahwa jaringan air bersih dapat mengalir dengan baik.
- 3) Dalam skenario pengembangan untuk tahun 2040, memiliki 3 skenario sebagai berikut:
 - a. Skenario pertama, menghasilkan nilai indikator yang sudah memenuhi persyaratan sebesar, *pressure* 38,66%, *velocity* 52,68% dan *unit headloss* 75,89%.
 - b. Skenario kedua, menghasilkan nilai indikator yang sudah memenuhi persyaratan sebesar, *pressure* 100%, *velocity* 57,46% dan *unit headloss* 97,76%.
 - c. Skenario ketiga, menghasilkan nilai indikator yang sudah memenuhi persyaratan sebesar, *pressure* 100%, *velocity* 40,34% dan *unit headloss* 91,60%.

Dari semua skenario tersebut, skenario yang terbaik merupakan skenario kedua, dimana jaringan pipa di modifikasi dengan menambahkan pipa secara paralel dan menambahkan pompa untuk membantu menaikkan *pressure*.

Saran

Berikut adalah saran-saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini sebagai masukan untuk penelitian selanjutnya:

- 1) Pengambilan data harus sesuai dengan kondisi eksisting yang sudah ada, agar mengurangi tingkat kesalahan perhitungan saat penelitian.
- 2) Dalam menganalisis kebutuhan air bersih harus secara terperinci, supaya hasil analisa mendekati dengan kondisi yang akan direncanakan.

- 3) Untuk melakukan pengembangan jaringan lebih baik melakukan survei langsung kepada masyarakat dan instansi terkait.

DAFTAR PUSTAKA

- Adioetomo, S. M., Samosir. O. B., (2010). *Dasar-Dasar Demografi*. Jakarta: Salemba Empat.
- BAPPENAS (Badan Perencanaan Pembangunan Nasional). *Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2020-2024*. 2019. Jakarta: Bappenas.
- BPPSPAM (Badan Peningkatan Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum). (2017). *Rencana Strategis Badan Peningkatan Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum Tahun 2018-2022*. Jakarta: Badan Peningkatan Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum.
- Lestari, A. T., (2016). *Analisis dan Rencana Pengembangan Jaringan Distribusi Air Bersih Unit Pelayanan Cabang Timur PDAM Kabupaten Klaten*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Mangkoedihardjo, S., (1985). *Penyediaan Air Bersih*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- PAMSIMAS (Penyediaan Air Minum dan Sanitasi Berbasis Masyarakat). 2019. *Panduan Penyusunan Spesifikasi Teknis dan Teknik Sambungan Material Pipa*. PAMSIMAS. <http://www.pamsimas.org>.
- Perumda Air Minum Tirta Khatulistiwa. Kota Pontianak. <http://www.pdamtirtakhatulistiwa.com>.
- PMPU (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum) 2007. *Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum*. PMPU No. 18/PRT/M/2007. Jakarta: Menteri Pekerjaan Umum.
- Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi. (2017). *Pelatihan Alokasi Air. Modul 05 Tentang Modul Hidrologi. Kebutuhan dan Ketersediaan Air*. Bandung: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia.
- Roosman, L. A., (2000). *EPANET 2.2 2 User's manual Cincinnati Versi Bahasa Indonesia*. Cincinnati. OH: EKAMITRA Engineering.
- SNI 7509. (2011). *Tata Cara Perencanaan Teknik Jaringan Distribusi dan Unit Pelayanan Sistem Penyediaan Air Minum*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Winayati, L., (2016). *Urbanisasi dan Pembangunan Perumahan*. Volume Kedua. Jakarta. Ditjen Penyediaan Perumahan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.